

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

**Кафедра механизации животноводства и переработки
сельскохозяйственной продукции**

ГИДРАВЛИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

**Задания и методические указания по выполнению
контрольной работы**

Новосибирск 2023

УДК 532.5(075.8):622.5
ББК 30.123

Кафедра механизации животноводства и переработки
сельскохозяйственной продукции

Составители: канд. техн. наук, доцент А.Г. Христенко
канд. техн. наук. А.А. Диденко
канд. техн. наук, доцент Е.А. Пшенов

Гидравлика и теплотехника: Задания и методические указания по выполнению контрольной работы. / Новосибир. гос. аграр. ун-т, инженер. ин-т; сост.: Христенко А.Г., Диденко А.А., Пшенов Е.А. – Новосибирск, 2023. – 28 с.

Задания и методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки:

Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;
Технология транспортных процессов;
Профессиональное обучение (по отраслям);

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института НГАУ (протокол № 8 от 28 марта 2023 г.)

© Новосибирский ГАУ, 2023

ВВЕДЕНИЕ

В механизации всех производств агропромышленного комплекса значительное место занимают гидравлические процессы. Это требует соответствующей подготовки инженера в области теплотехники и ее применения в технике.

Цель изучения дисциплины — получение теоретических знаний в области гидравлики, гидромашин, гидросистем и овладение инженерными методами расчета, выбора и эксплуатации гидравлического оборудования. Получение теоретических знаний в области теплотехники и овладение инженерными методами расчета, выбора и эксплуатации технологического оборудования.

В результате изучения дисциплины студент должен знать: основы гидростатики, кинематики и динамики жидкостей, конструктивное устройство, рабочие процессы, правила эксплуатации, основы теории и расчета эксплуатационных показателей, основные направления и тенденции совершенствования гидравлических машин, оборудования и систем. Он должен уметь: решать типовые задачи по гидравлике; выполнять основные расчеты и анализировать работу гидравлических машин, оборудования, гидросистем; самостоятельно подбирать их, осваивать новую технику, выбирать оптимальные режимы ее работы, обеспечивающие качественное выполнение технологических процессов; основы теплотехники, первого и второго закона термодинамики, основные газовые процессы, конструктивное устройство, рабочие процессы, правила эксплуатации, основы теории и расчета эксплуатационных показателей, основные направления и тенденции совершенствования машин, оборудования и систем. Он должен уметь: решать типовые задачи по теплотехнике; выполнять основные расчеты и анализировать работу машин, оборудования; самостоятельно подбирать их, осваивать новую технику, выбирать оптимальные режимы ее работы, обеспечивающие качественное выполнение технологических процессов.

Изучение дисциплины основывается на знаниях соответствующих разделов высшей математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов, деталей машин.

Номера задач контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10, 20, 30, 40, 41	1, 12, 23, 34, 41	10, 19, 28, 37, 41	2, 14, 26, 38, 41	3, 11, 29, 37, 41	5, 14, 25, 34, 41	6, 17, 26, 37, 41	7, 20, 23, 36, 41	8, 15, 22, 39, 41	9, 14, 29, 34, 41
1	1, 11, 21, 31, 41	2, 13, 24, 35, 41	9, 18, 27, 36, 41	3, , 27, 39, 41	4, 12, 30, 38, 41	6, 15, 26, 35, 41	5, 16, 25, 36, 41	8, 11, 24, 37, 41	9, 16, 23, 40, 41	10, 16, 23, 39, 41
2	2, 12, 22, 32, 41	3, 14, 25, 36, 41	8, 17, 26, 35, 41	4, 16, 28, 40, 41	5, 13, 21, 39, 41	7, 16, 27, 36, 41	4, 15, 24, 35, 41	9, 12, 25, 38, 41	10, 17, 24, 31, 41	1, 16, 21, 36, 41
3	3, 13, 23, 33, 41	4, 15, 26, 37, 41	7, 16, 25, 34, 41	5, 17, 29, 31, 41	6, 14, 22, 40, 41	8, 17, 28, 37, 41	3, 14, 23, 34, 41	10, 13, 26, 39, 41	7, 14, 21, 38, 41	4, 20, 26, 32, 41
4	4, 14, 24, 34, 41	5, 16, 27, 38, 41	6, 15, 24, 33, 41	6, 18, 30, 32, 41	7, 17, 23, 31, 41	9, 18, 29, 38, 41	2, 13, 22, 33, 41	1, 14, 27, 40, 41	6, 13, 30, 37, 41	5, 11, 27, 33, 41
5	5, 15, 25, 35, 41	6, 17, 28, 39, 41	5, 14, 23, 32, 41	7, 19, 21, 33, 41	8, 16, 24, 32, 41	10, 19, 30, 39, 41	1, 12, 21, 32, 41	2, 15, 28, 31, 41	5, 12, 29, 36, 41	8, 14, 30, 36, 41
6	6, 16, 26, 36, 41	7, 18, 29, 40, 41	4, 13, 22, 31, 41	8, 20, 22, 34, 41	9, 17, 25, 33, 41	2, 11, 22, 31, 41	7, 18, 27, 38, 41	3, 16, 29, 32, 41	1, 18, 25, 32, 41	7, 13, 29, 35, 41
7	7, 17, 27, 37, 41	8, 19, 30, 31, 41	3, 12, 21, 40, 41	9, 11, 23, 35, 41	10, 18, 26, 34, 41	3, 12, 23, 31, 41	10, 11, 30, 31, 41	4, 17, 30, 33, 41	2, 19, 26, 33, 41	6, 12, 28, 34, 41
8	8, 18, 28, 38, 41	9, 20, 21, 32, 41	2, 11, 30, 39, 41	10, 12, 24, 36, 41	1, 19, 27, 35, 41	4, 13, 24, 33, 41	9, 20, 29, 40, 41	5, 18, 21, 34, 41	3 20, 27, 34, 41	2, 17, 23, 39, 41
9	9, 19, 29, 39, 41	10, 11, 22, 33, 41	1, 20, 29, 38, 41	1, 13, 25, 37, 41	2, 20, 28, 36, 41	1, 20, 21, 40, 41	8, 19, 28, 39, 41	6, 19, 22, 35, 41	4, 11, 28, 35, 41	3, 18, 24, 40, 41

ТЕМА 1 Приборы для измерения давления

Задача 1. (Рис. 1.1.) Определить приведенную пьезометрическую высоту h_x поднятия пресной воды в закрытом пьезометре (соответствующую абсолютному гидростатическому давлению в точке А), если показание открытого пьезометра $h=0,7$ м при атмосферном давлении $p_{\text{ат}} = 100$ кПа, расстояния от свободной поверхности жидкости в резервуаре до точек А и В соответственно $h_1 = 0,5$ м и $h_2 = 0,2$ м.

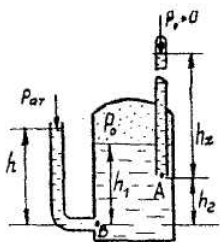
Задача 2. (Рис. 1.2). Закрытый резервуар с морской водой снабжен открытым и закрытым пьезометрами. Определить приведенную пьезометрическую высоту h_x поднятия воды в закрытом пьезометре (соответствующую абсолютному гидростатическому давлению в точке А), если показание открытого пьезометра $h = 1,2$ м при атмосферном давлении $p_{\text{ат}} = 100$ кПа, а точка А расположена выше точки В на величину $h_1 = 0,4$ м.

Задача 3. (Рис. 1.3). Определить абсолютное гидростатическое давление в точке А закрытого резервуара с дистиллированной водой, если при атмосферном давлении $p_{\text{ат}} = 100$ кПа высота столба ртути в трубке дифманометра $h = 0,6$ м, а линия раздела между ртутью и водой расположена ниже точки В на величину $h_1 = 0,4$ м, точка В — выше точки А на величину $h_2 = 0,3$ м.

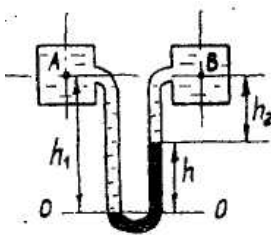
Задача 4. (Рис. 1.4). Закрытый резервуар снабжен дифманометром, установленным в точке В, и закрытым пьезометром. Определить приведенную пьезометрическую высоту h_x поднятия пресной воды в закрытом пьезометре (соответствующую абсолютному гидростатическому давлению в точке А), если при атмосферном давлении $p_{\text{ат}} = 100$ кПа высота столба ртути в трубке дифференциального манометра $h = 0,3$ м, а точка А расположена на глубине $h_1 = 0,7$ м от свободной поверхности.

Задача 5. (Рис. 1.5). Определить при атмосферном давлении $p_{\text{ат}} = 100$ кПа высоту h_x поднятия ртути в дифференциальном манометре, подсоединенном к закрытому резервуару в точке В, частично заполненному дистиллированной водой, если глубина погружения точки А от свободной поверхности резервуара $h_1 = 0,3$ м, приведенная пьезометрическая высота поднятия воды в закрытом пьезометре (соответствующая абсолютному гидростатическому давлению в точке А) $h_2 = 1,7$ м.

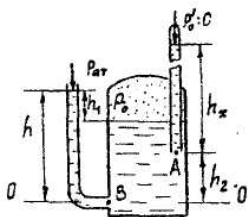
Задача 6. (Рис. 1.6). К двум резервуарам А и В, заполненным морской водой, присоединен дифференциальный ртутный манометр. Составить уравнение равновесия относительно плоскости равного давления и определить разность давлений в резервуарах А и В, если расстояния от оси резервуаров до мениска ртути равны $h_1 = 0,4$ м и $h_2 = 0,2$ м.



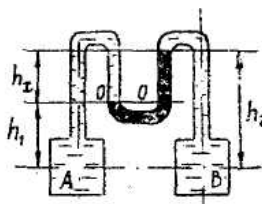
1.1)



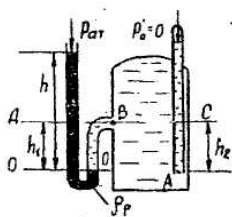
1.6)



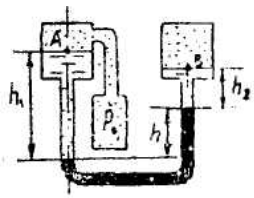
1.2)



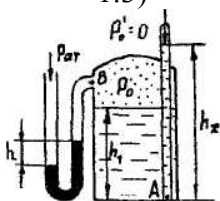
1.7)



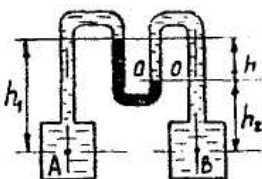
1.3)



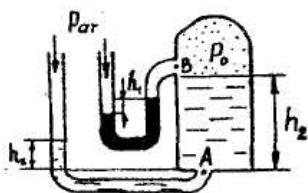
1.8)



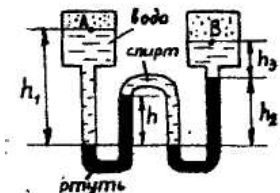
1.4)



1.9)



1.5)



1.10)

Рис. 1.1 – 1.10. Приборы для измерения давлений

Задача 7. (Рис. 1.7). Дифференциальный ртутный манометр подключен к двум закрытым резервуарам с пресной водой, давление в резервуаре A равно $p_A = 210$ кПа. Определить давление в резервуаре B — p_B , составив уравнение равновесия относительно плоскости равного давления, если разность показания ртутного дифманометра $h_x = 0,3$ м.

Таблица 1 – Удельный вес и плотность некоторых жидкостей

№ п/п	Название жидкости	Температура, $t^{\circ}\text{C}$	Плотность ρ , кг/м^3	Удельный вес γ , кН/м^3
1	Пресная вода	10	999,73	9,80400
2	Морская вода	15	1020—1030	10,00278 – 10,100085
3	Дистиллированная вода	20	992,215	9,7336
4	Ртуть	20	13546	132,841
5	Керосин	15	790—820	7,74725 – 8,04145
6	Нефть натуральная	15	700—900	6,86465 – 8,82598
7	Спирт этиловый	15-18	790	7,74725

Задача 8. (Рис. 1.8). Резервуары A и B частично заполнены водой разной плотности (соответственно $\rho_A = 998$ кг/м^3 , $\rho_B = 1029$ кг/м^3) и газом, причем, к резервуару A подключен баллон с газом. Высота столба ртути в трубке дифманометра $h = 0,17$ м, а расстояния от оси резервуаров до мениска ртути равны $h_1 = 0,4$ м и $h_2 = 0,13$ м. Какое необходимо создать давление p_0 в баллоне, чтобы получить давление $p_B = 112$ кПа на свободной поверхности в резервуаре B ?

Задача 9. (Рис. 1.9). К двум резервуарам A и B , заполненным нефтью, присоединен дифференциальный ртутный манометр.

Определить разность давлений в точках A и B , составив уравнение равновесия относительно плоскости равного давления. Разность показаний манометра $h = 0,28$ м.

Задача 10. (Рис. 1.10). Резервуары A и B частично заполнены пресной водой и газом. Определить избыточное давление газа на поверхности воды закрытого резервуара B , если избыточное давление на поверхности воды в закрытом резервуаре A равно $p_A = 99$ кПа, разность уровней ртути в двухколенном дифманометре $h = 0,35$ м, мениск ртути в левой трубке манометра ниже уровня воды на величину $h_1 = 0,8$ м в правой трубке $h_3 = 0,25h_1$, высота подъема ртути в правой трубке манометра $h_2 = 0,3$ м. Пространство между уровнями ртути в манометре заполнено этиловым спиртом.

ТЕМА 2. Использование гидростатического давления в механизмах

Задача 11. Для опрессовки водой (проверки на герметичность) трубопровода диаметром $D = 100$ мм и длиной $L = 300$ м применяется ручной поршневой насос (рис. 2.1) с диаметром поршня $d_1 = 40$ мм и отношением плеч рычажного механизма $a/b = 6$. Определить объем воды, который нужно накачать в трубопровод для повышения избыточного давления в нем от 0 до 1,5 МПа. Считать трубопровод абсолютно жестким. Чему равно усилие на рукоятке насоса в последний момент опрессовки?

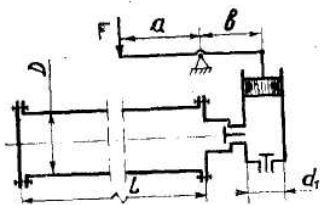
Задача 12. Определить давление в гидросистеме (рис. 2.2), заполненной минеральным маслом ($\rho_m = 920$ кг/м³), и массу груза m , лежащего на большем поршне, если для его подъема приложена сила $F = 200$ Н к меньшему поршню. Диаметры поршней соответственно $D = 200$ мм, $d = 40$ мм. Разностью высот поршней пренебречь.

Задача 13. Определить нагрузки на болты левой и правой крышек гидроцилиндра (рис. 2.3) диаметром $D = 160$ мм, если к плунжеру диаметром $d = 50$ мм приложена сила $F = 500$ Н.

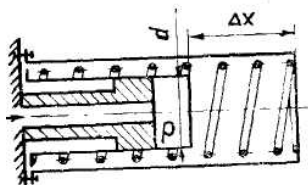
Задача 14. Предохранительный клапан дифференциального типа (рис. 2.4), предназначенный для защиты насоса от перегрузки, начинает открываться (для пропуска жидкости в бак) при избыточном давлении $p_1 = 1,6$ МПа. Диаметры клапана $D = 32$ мм, $d = 16$ мм. Давление p_2 справа от большого и слева от малого поршней равно атмосферному. Определить величину предварительного сжатия пружины (мм), если жесткость ее $c = 50$ Н/мм. Силами трения пренебречь.

Задача 15. Для определения модуля объемной упругости жидкости $E_{ж}$ используется установка (рис. 2.5). Резервуар диаметром $D = 300$ мм, высотой $h = 1,3$ м и присоединенный к нему гидроцилиндр диаметром $d = 80$ мм заполнены испытываемой жидкостью так, что начальная высота положения поршня (без груза) $H = 1,5$ м. После установки на платформу штока груза массой $m = 250$ кг поршень переместился вниз на расстояние $\Delta h = 5$ мм. Вычислить величину модуля объемной упругости жидкости. Весом поршня пренебречь. Резервуар считать абсолютно жестким.

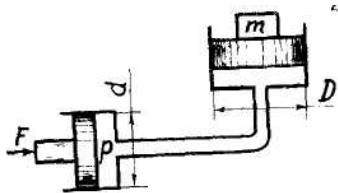
Задача 16. В пружинном гидроаккумуляторе (рис. 2.6) энергия накапливается за счет сжатия пружины при перемещении гидроцилиндра вправо относительно неподвижного поршня под давлением p жидкости, поступающей через отверстие в штоке. Диаметр поршня $d = 40$ мм, жесткость пружины $c = 40$ Н/мм, сила предварительного сжатия ее 2000 Н, перемещение гидроцилиндра при зарядке гидроаккумулятора $\Delta x = 100$ мм. Определить давление в начале и в конце зарядки гидроаккумулятора. Силами трения пренебречь.



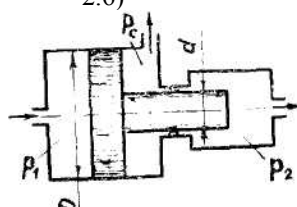
2.1)



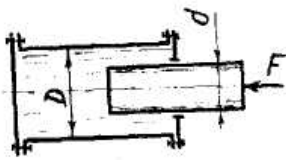
2.6)



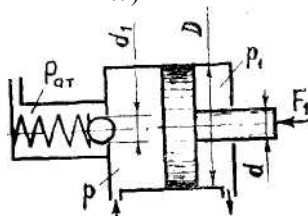
2.2)



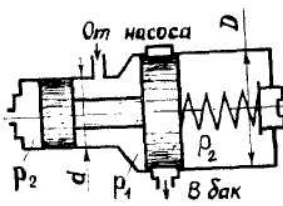
2.7)



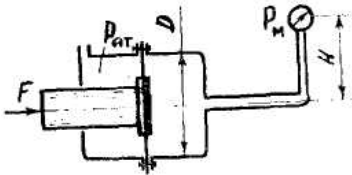
2.3)



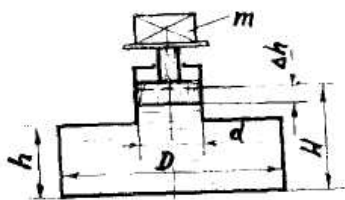
2.8)



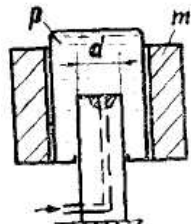
2.4)



2.9)



2.5)



2.10)

Рис. 2.1 – 2.10 Использование гидростатического давления в механизмах

Задача 17. На рис. 2.7 представлен преобразователь давления (мультипликатор) возвратно-поступательного действия. Определить давление p_2 , получаемое на выходе его, если в рабочую полость большего цилиндра подается жидкость под давлением $p_1 = 5$ МПа, а противодействие сливной линии $p_c = 0,05$ МПа, диаметры поршня $D = 80$ мм и плунжера $d = 40$ мм. Силами трения в уплотнителях пренебречь.

Задача 18. Гидроцилиндр (рис. 2.8) предназначен для возвратно-поступательного перемещения рабочего органа, присоединенного к штоку. Защита его от перегрузки обеспечивается шариковым предохранительным клапаном. Какое давление p нужно создать в бесштоковой полости гидроцилиндра, чтобы преодолеть рабочее усилие на штоке $F_1 = 20$ кН, если диаметры цилиндра $D = 80$ мм и штока $d = 40$ мм, давление в штоковой полости (противодавление сливной линии) $p_1 = 0,05$ МПа? На какое усилие F_n нужно предварительно сжать пружину, чтобы шариковый клапан открывался при усиллии на штоке $1,3 F_1$, если диаметр входного отверстия (седла клапана) $d_1 = 10$ мм? Силами трения пренебречь.

Задача 19. Определить силу F , действующую на шток гибкой диафрагмы (рис. 2.9), если ее диаметр $D = 200$ мм, полость справа и трубка манометра заполнены водой, показание манометра $p_m = 0,2$ МПа, он установлен на высоте $H = 2$ м, давление в левой полости — атмосферное.

Задача 20. Для накопления энергии используется грузовой гидроаккумулятор (рис. 2.10), имеющий диаметр плунжера $d = 100$ мм. Определить общую массу груза m , необходимую для создания давления в цилиндре $p = 2,0$ МПа, и запасаемую аккумулятором энергию при подъеме гидроцилиндра с грузом на высоту $H = 1$ м. Силы трения не учитывать.

Номера задач контрольной работы

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 11, 21, 31, 50, 60	2, 20, 23, 40, 50, 51	3, 12, 30, 38, 50, 53	13, 21, 36, 50, 55	5, 11, 22, 33, 50, 57	6, 20, 21, 32, 50, 59	7, 11, 22, 33, 50, 51	8, 20, 23, 37, 50, 53	9, 11, 30, 38, 50, 55	10, 11, 28, 34, 50, 57
1	2, 12, 22, 32, 49, 59	3, 19, 21, 39, 49, 52	4, 13, 29, 37, 49, 54	5, 15, 22, 34, 49, 56	6, 12, 25, 31, 49, 58	7, 19, 2, 31, 49, 60	8, 12, 21, 31, 49, 52	9, 19, 21, 36, 49, 54	10, 12, 29, 36, 49, 56	1, 20, 26, 36, 49, 58
2	3, 13, 23, 33, 48, 58	4, 18, 22, 38, 48, 53	5, 14, 28, 36, 48, 55	6, 14, 3, 33, 48, 57	7, 13, 23, 32, 48, 59	8, 16, 29, 36, 48, 51	9, 13, 23, 35, 48, 53	10, 18, 22, 35, 48, 55	1, 13, 27, 39, 48, 57	2, 13, 30, 38, 48, 59
3	4, 14, 24, 34, 47, 57	5, 17, 26, 37, 47, 54	6, 15, 2, 35, 47, 56	7, 17, 24, 35, 47, 58	8, 14, 24, 34, 47, 60	9, 18, 2, 34, 47, 52	10, 14, 25, 32, 47, 54	1, 17, 25, 33, 47, 56	2, 15, 25, 3, 47, 58	3, 16, 25, 35, 47, 60
4	5, 15, 25, 35, 46, 56	6, 16, 24, 34, 46, 55	7, 16, 26, 34, 46, 57	8, 18, 25, 32, 46, 59	9, 15, 27, 40, 46, 51	10, 17, 24, 33, 46, 53	1, 15, 24, 3, 46, 55	2, 16, 24, 34, 46, 57	3, 14, 24, 31, 46, 59	4, 19, 22, 33, 46, 1
5	6, 16, 26, 36, 45, 55	7, 15, 28, 36, 45, 56	8, 17, 25, 33, 45, 58	9, 16, 26, 31, 45, 60	10, 16, 26, 38, 45, 52	1, 15, 23, 38, 45, 54	2, 16, 27, 36, 45, 56	3, 15, 28, 32, 45, 58	4, 16, 23, 32, 45, 60	5, 12, 29, 31, 45, 52
6	7, 17, 27, 37, 44, 54	8, 14, 27, 35, 44, 57	9, 18, 24, 32, 4, 59	10, 11, 27, 38, 44, 51	1, 17, 21, 35, 44, 53	2, 14, 2, 3, 44, 55	3, 17, 26, 38, 44, 57	4, 14, 26, 31, 44, 59	5, 20, 26, 34, 44, 51	6, 18, 27, 32, 44, 53
7	8, 18, 28, 38, 43, 53	9, 13, 25, 33, 43, 58	10, 19, 23, 39, 43, 60	1, 19, 28, 37, 43, 52	2, 18, 28, 37, 43, 54	3, 13, 27, 37, 43, 56	4, 18, 29, 39, 43, 58	5, 13, 27, 38, 43, 60	6, 17, 28, 40, 43, 52	7, 14, 24, 39, 43, 54
8	9, 19, 29, 39, 42, 52	10, 11, 30, 31, 42, 59	1, 20, 22, 40, 42, 51	2, 12, 29, 39, 42, 53	3, 19, 29, 36, 42, 55	4, 12, 28, 40, 42, 57	5, 19, 28, 40, 42, 59	6, 12, 29, 3, 42, 51	7, 18, 21, 35, 42, 53	8, 15, 21, 40, 42, 55
9	10, 20, 30, 40, 41, 51	1, 12, 29, 32, 41, 60	2, 11, 21, 31, 41, 5	3, 20, 30, 40, 41, 54	4, 20, 30, 39, 41, 56	5, 11, 30, 39, 41, 58	6, 20, 30, 37, 41, 60	7, 11, 30, 40, 41, 52	8, 19, 22, 37, 41, 54	9, 17, 23, 37, 41, 56

Тема: Параметры состояния тела

1. Определить абсолютное давление в сосуде, если показание присоединенного к нему ртутного манометра равно 66,7 кПа (500 мм рт. ст.), а атмосферное давление по ртутному барометру составляет 100 кПа (750 мм рт. ст.). Температура воздуха в месте установки приборов равна 0°C .

Отв. $p_{\text{абс}} = 0,1667 \text{ МПа}$

2. Найти абсолютное давление пара в котле, если манометр показывает $p = 0,13 \text{ МПа}$, а атмосферное давление по ртутному барометру составляет $B = 680 \text{ мм рт. ст. (90 660 Па)}$ при $t = 25^{\circ}\text{C}$.

3. Давление в паровом котле $p = 0,04 \text{ МПа}$ при барометрическом давлении $B_{01} = 96 660 \text{ Па (725 мм рт. ст.)}$.

Чему будет равно избыточное давление в котле, если показание барометра повысится до $B_{02} = 104 660 \text{ Па (785 мм рт. ст.)}$, а состояние пара в котле останется прежним?

Барометрическое давление приведено к 0°C .

4. Какая высота водяного столба соответствует 10 Па?

Отв. $h = 1 \text{ мм}$.

5. Определить абсолютное давление в конденсаторе парвой турбины, если показание присоединенного к нему ртутного вакуумметра равно 94 кПа (705 мм рт. ст.), а показание ртутного барометра, приведенное к 0°C , $B_0 = 99,6 \text{ кПа (747 мм рт. ст.)}$. Температура воздуха в месте установки прибором $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Отв. $p = 60 \text{ кПа}$.

6. Ртутный вакуумметр, присоединенный к сосуду (см. рис. 2), показывает разрежение $p = 56$ кПа (420 мм рт. ст.) при температуре ртути в вакуумметре $t = 20^{\circ}\text{C}$. Давление атмосферы по ртутному барометру $B = 102,4$ кПа (768 мм рт. ст.) при температуре ртути $t = 18^{\circ}\text{C}$.

Определить абсолютное давление в сосуде.

7. В трубке вакуумметра высота столба ртути составляет 570 мм при температуре ртути 20°C . Над ртутью находится столб воды высотой 37 мм. Барометрическое давление воздуха 97,1 кПа при 15°C .

Найти абсолютное давление в сосуде.

Отв. $p = 20,7$ кПа.

8. Присоединенный к газоходу парового котла тягомер показывает разрежение, равное 780 Па (80 мм вод. ст.).

Определить абсолютное давление дымовых газов, если показание барометра $B = 102\,658$ Па (770 мм рт. ст.) при $t = 0^{\circ}\text{C}$.

Отв. $p = 101\,870$ Па (764,1 мм рт. ст.).

9. Тягомер показывает разрежение в газоходе, равное 412 Па (42 мм вод. ст.). Атмосферное давление по ртутному барометру $B = 100\,925$ Па (757 мм рт. ст.) при $t = 15^{\circ}\text{C}$.

Определить абсолютное давление дымовых газов.

Отв. $p = 100\,250$ Па (751,96 мм рт. ст.).

10. Для измерения уровня жидкости в сосуде иногда используется устройство, схема которого изображена на рис. 5.

Определить уровень бензина в баке, если $h = 220$ мм рт. ст., а его плотность $\rho = 840$ кг/м³.

Отв. $H = 3,56$ м.

Тема: Идеальные газы и основные газовые законы

11. Дымовые газы, образовавшиеся в топке парового котла, охлаждаются с 1200 до 250 °С.

Во сколько раз уменьшается их объем, если давление газов в начале и в конце газоходов одинаково?

Отв. В 2,82 раза.

12. Во сколько раз объем определенной массы газа при – 20 °С меньше при +20 °С.

Отв. 1,6

13. Определить массу кислорода, содержащегося в баллоне емкостью 60 л, если давление кислорода по манометру равно 1,08 МПа, а показание ртутного барометра – 99 325 Па при температуре 25 °С.

Отв. $M = 0,91$ кг.

14. В сосуде находится воздух под разрежением 10 кПа при температуре 0°С. Ртутный барометр показывает 99 725 Па при температуре ртути 20 °С.

Определить удельный объем воздуха при этих условиях.

Отв. $\nu = 0,86 \text{ м}^3/\text{кг}$

15. Какой объем будут занимать 11 кг воздуха при давлении $p = 0,44$ МПа и температуре $t = 18$ °С?

Отв. $V = 2,088 \text{ м}^3$

16. Найти массу 5 м³ кислорода и 5 м³ углекислоты при давлении 0,6 МПа и температуре 100 °С.

Отв. $M_{\text{O}_2} = 30,9$ кг, $M_{\text{CO}_2} = 42,6$ кг

17. В цилиндре диаметром 0,6 м содержится $0,41 \text{ м}^3$ воздуха при $p = 0,25 \text{ МПа}$ и $t_1 = 35^\circ\text{C}$.

До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на 0,4 м?

Отв. $t_2 = 117,6^\circ\text{C}$.

18. Баллон с кислородом емкостью 20 л находится под давлением 10 МПа при 15°C . После израсходования части кислорода давление понизилось до 7,6 МПа, а температура упала до 10°C .

Определить массу израсходованного кислорода.

Отв. 0,606 кг

19. Резервуар объемом 4 м^3 заполнен углекислым газом. Найти массу и силу тяжести (вес) газа в резервуаре, если избыточное давление газа $p = 40 \text{ кПа}$, температура его $t = 80^\circ\text{C}$, а барометрическое давление воздуха $B = 102,4 \text{ кПа}$.

Отв. $M = 8,64 \text{ кг}$; $G = 84,8 \text{ Н}$.

20. Какой объем занимают 10 кмоль азота при нормальных условиях?

Отв. 224 м^3 .

Тема: Теплоемкость газов

21. Определить значение массовой теплоемкости кислорода при постоянном объеме и постоянном давлении, считая $c = \text{const}$.

Отв. $c_p = 0,916 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; $c_v = 0,654 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$.

22. Вычислить значение истинной мольной теплоемкости кислорода при постоянном давлении для температуры 1000°C , считая зависимость

теплоемкости от температуры линейной. Найти относительную ошибку по сравнению с табличными данными.

$$\text{Отв. } \mu_{cp} = 36,55 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)}; \varepsilon = 1,79 \text{ \%}.$$

23. Вычислить среднюю теплоемкость c_{pm} для воздуха при постоянном давлении в пределах $200 - 800$ °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

$$\text{Отв. } C_{pm}^{800}{}_{200} = 1,091 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$$

24. Вычислить среднюю теплоемкость c_{pm} и c'_{vm} в пределах $200 - 800$ °С для CO , считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

$$\text{Отв. } c_{pm} = 1,1262 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}; c'_{vm} = 1,0371 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{K)}.$$

25. Найти среднюю теплоемкость c_{pm} и c'_{pm} углекислого газа в пределах $400 - 1000$ °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

$$\text{Отв. } c_{pm} = 1,2142 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}; c'_{pm} = 2,3865 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{K)}.$$

26. Определить среднюю массовую теплоемкость при постоянном объеме для азота в пределах $200 - 800$ °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

$$\text{Отв. } c_{vm} = 0,8164 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

27. Решить предыдущую задачу, если известно, что средняя молярная теплоемкость азота при постоянном давлении может быть определена по формуле

$$\mu_{cp} = 28,7300,0023488t.$$

$$\text{Отв. } c_{vm} = 0,8122 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

28. В закрытом сосуде объемом $V = 300$ л находится воздух при давлении $p_1 = 0,8$ МПа и температуре $t_1 = 20$ °С.

Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до $t_2 = 120$ °С? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Отв. $Q = 77,3$ кДж, $\alpha = 0,25\%$

29. Воздух охлаждается от 1000 до 100 °С в процессе с постоянным давлением.

Какое количество теплоты теряет 1 кг воздуха? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Отв. 1) $q_{c p} = const = -911,9$ кДж/кг; 2) $q_{c p} = f(t) = -911,1$ кДж/кг; $\varepsilon \approx 8 \%$.

30. В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается от 150 до 600 °С.

Найти количество теплоты, сообщенное воздуху в единицу времени, если расход его составляет 360 кг/ч. Зависимость теплоемкости от температуры принять нелинейной

Отв. $Q = 47,84$ кДж/с.

Тема: Первый закон термодинамики

31. Найти часовой расход топлива, который необходим для работы паровой турбины мощностью 25 МВт, если теплота сгорания топлива $Q_H^P =$

33,85 МДж/кг и известно, что на превращение тепловой энергии в механическую используется только 35% теплоты сожженного топлива.

Отв. 7,59 т/ч.

32. В котельной электрической станции за 20 ч работы сожжены 62 т каменного угля, имеющего теплоту сгорания 28 900 кДж/кг.

Определить среднюю мощность станции, если в электрическую энергию превращено 18% теплоты, полученной при сгорании угля.

33. Мощность турбогенератора 12 000 кВт, к. п. д. генератора 0,97. Какое количество воздуха нужно пропустить через генератор для его охлаждения, если конечная температура воздуха не должна превышать 55°C ?

Температура в машинном отделении равна 20°C ; среднюю теплоемкость воздуха c_{pm} принять равной 1,0 кДж/(кг·К).

Отв. 10,3 кг/с.

34. Метод проточного калориметрирования, описанный в предыдущей задаче, может быть также использован для определения количества газа или воздуха, протекающего через трубопровод.

Найти часовой расход воздуха M кг/ч, если мощность электронагревателя $N_{\text{эл}} = 0,8$ кВт, а приращение температур воздуха $t_2 - t_1 = 1,8^{\circ}\text{C}$. Определить также скорость воздуха c в трубопроводе за электронагревателем, если давление воздуха 120 кПа, температура его за электронагревателем $20,2^{\circ}\text{C}$, а диаметр трубопровода 0,125 м.

Отв. $M = 1600$ кг/ч; $c = 25,4$ м/с.

35. При испытании двигателей внутреннего сгорания широким распространением пользуются так называемые гидротормоза. Работа

двигателя при торможении превращается в теплоту трения, и для уменьшения нагрева тормозного устройства принимают водяное охлаждение.

Определить часовой расход воды на охлаждение тормоза, если мощность двигателя $N = 33$ кВт, начальная температура воды $t'_B = 15^\circ\text{C}$, конечная $t''_B = 60^\circ\text{C}$; принять, что вся теплота трения передается охлаждающей воде.

Отв. $M_{\text{воды}} = 632$ кг/ч.

36. В котельной электростанции за 10 ч работы сожжено 100 т каменного угля теплотой сгорания $Q_H^P = 29300$ кДж/кг.

Найти количество выработанной электроэнергии и среднюю мощность станции, если к.п.д. процесса преобразования тепловой энергии в электрическую составляет 20 %.

Отв. 162 780 кВт·ч; $N_{\text{ср}} = 16\,278$ кВт.

37. В сосуд, содержащий 5 л воды при температуре 20°C , помещен электронагреватель мощностью 800 Вт.

Определить, сколько времени потребуется, чтобы вода нагревалась до температуры кипения 100°C . Потерями теплоты сосуда в окружающую среду пренебречь.

Отв. $\tau = 30$ мин.

38. В машине вследствие плохой смазки происходит нагревание 200 кг стали на 40°C в течение 20 мин.

Определить вызванную этим потерю мощности машины. Теплоемкость стали принять равной 0,46 кДж/(кг·К).

Отв. 3,07 кВт.

39. Найти изменение внутренней энергии 2 м^3 воздуха, если температура его понижается от $t_1 = 250^\circ \text{ С}$ до $t_2 = 70^\circ \text{ С}$. Зависимость теплоемкости от температуры принять линейной. Начальное давление воздуха $p_1 = 0,6 \text{ МПа}$.

Отв. $\Delta U = -1\,063 \text{ кДж}$.

40. К газу, заключенному в цилиндре с подвижным поршнем, подводится извне 100 кДж теплоты. Величина произведенной работы при этом составляет 115 кДж .

Определить изменение внутренней энергии газа, если количество его равно $0,8 \text{ кг}$.

Отв. $\Delta U = -18,2 \text{ кДж}$.

Тема: Основные газовые процессы

Изохорный процесс

41. Газ при давлении $p_1 = 1 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 20^\circ \text{ С}$ нагревается при постоянном объеме до $t_2 = 300^\circ \text{ С}$. Найти конечное давление газа.

Отв. $p_2 = 1,956 \text{ МПа}$

42. В закрытом сосуде заключен газ при давлении $p_1 = 2,8 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 120^\circ \text{ С}$.

Чему будет равно конечное давление p_2 , если температура снизится до $t_2 = 25^\circ \text{ С}$?

Отв. $p_2 = 2,12 \text{ МПа}$.

43. В закрытом сосуде находится газ при разрежении $p_1 = 2\,666 \text{ Па}$ и температуре $t_1 = 10^\circ \text{ С}$. Показание барометра – 100 кПа . После охлаждения газа разрежение стало равным 20 кПа .

Определить конечную температуру газа t_2 .

Отв. $t_2 = -40,4^\circ\text{C}$.

44. До какой температуры t_2 нужно нагреть газ при $v = \text{const}$, если начальное давление газа $p_1 = 0,2$ МПа и температура $t_1 = 20^\circ\text{C}$, а конечное давление $p_2 = 0,5$ МПа.

45. В закрытом сосуде емкостью $V = 0,5$ м³ содержится двуокись углерода при $p_1 = 0,6$ МПа и $t_1 = 527^\circ\text{C}$.

Как изменится давление газа, если от него отнять 420 кДж? Принять зависимость $c = f(t)$ линейной.

Отв. $p_2 = 0,42$ МПа.

Изобарный процесс

46. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть 2 м³ воздуха при постоянном избыточном давлении $p = 0,2$ МПа от $t_1 = 100^\circ\text{C}$ до $t_2 = 500^\circ\text{C}$?

Какую работу при этом совершит воздух?

Давление атмосферы принять равным 101 325 Па.

Отв. $Q_p = 2356$ кДж, $L = 646,3$ кДж

47. Определить количество теплоты, необходимое для нагревания 2000 м³ воздуха при постоянном давлении $p = 0,5$ МПа от $t_1 = 150^\circ\text{C}$ до $t_2 = 600^\circ\text{C}$. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.

Отв. $Q_p = 3\,937$ МДж.

48. В установке воздушного отопления внешний воздух при $t_1 = -15^\circ\text{C}$ нагревается в калорифере при $p = \text{const}$ до 60°C . Какое количество теплоты

надо затратить для нагревания 1000 м^3 наружного воздуха? Теплоемкость воздуха считать постоянной.

Давление воздуха принять равным $101\,325 \text{ Па}$.

Отв. 103 МДж .

49. $0,2 \text{ м}^3$ воздуха с начальной температурой 18° С подогревают в цилиндре диаметром $0,5 \text{ м}$ при постоянном давлении $p = 0,2 \text{ МПа}$ до температуры 200° С .

Определить работу расширения, перемещение поршня и количество затраченной теплоты, считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

Отв. $L = 25\,000 \text{ Дж}$; $h = 0,64 \text{ м}$; $Q = 88,3 \text{ кДж}$.

50. 2 м^3 воздуха с начальной температурой $t_1 = 15^\circ \text{ С}$ расширяются при постоянном давлении до 3 м^3 вследствие сообщения газу 837 кДж теплоты.

Определить конечную температуру, давление газа в процессе и работу расширения.

Отв. $t_2 = 159^\circ \text{ С}$; $p = 0,24 \text{ МПа}$; $L = 239 \text{ кДж}$.

Изотермический процесс

51. Для осуществления изотермического сжатия $0,8 \text{ кг}$ воздуха при $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и $t = 25^\circ \text{ С}$ затрачена работа в 100 кДж .

Найти давление p_2 сжатого воздуха и количество теплоты, которое необходимо при этом отвести от газа?

Отв. $p_2 = 0,322 \text{ МПа}$; $Q = 90 \text{ кДж}$.

52. 8 м^3 воздуха при $p_1 = 0,09 \text{ МПа}$ и $t_1 = 20^\circ \text{ С}$ сжимаются при постоянной температуре до $0,81 \text{ МПа}$.

Определить конечный объем, затраченную работу и количество теплоты, которое необходимо отвести от газа.

Отв. $V_2 = 0,889 \text{ м}^3$; $L = Q = - 1581 \text{ кДж}$.

53. При изотермическом сжатии $0,3 \text{ м}^3$ воздуха с начальными параметрами $p_1 = 1 \text{ МПа}$ и $t_1 = 300^\circ \text{С}$ отводится 500 кДж теплоты.

Определить конечный объем V_2 и конечное давление p_2 .

Отв. $V_2 = 0,057 \text{ м}^3$; $p_2 = 5,26 \text{ МПа}$.

54. В воздушный двигатель подается $0,0139 \text{ м}^3/\text{с}$ воздуха при $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$ и $t_1 = 40^\circ \text{С}$.

Определить мощность, полученную при изотермическом расширении воздуха в машине, если $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$.

Отв. $L = 11,188 \text{ кВт}$.

55. Воздух при давлении $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 27^\circ \text{С}$ сжимается в компрессоре до $p_2 = 3,5 \text{ МПа}$.

Определить величину работы L , затраченной на сжатие 100 кг воздуха, если воздух сжимается изотермически.

Отв. $L = -30\,576 \text{ кДж}$.

Адиабатный процесс

56. 1 кг воздуха при температуре $t_1 = 15^\circ \text{С}$ и начальном давлении $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ адиабатно сжимается до $0,8 \text{ МПа}$.

Найти работу, конечный объем и конечную температуру.

Отв. $t_2 = 248^\circ \text{С}$; $v_2 = 0,187 \text{ м}^3/\text{кг}$; $l = -167,2 \text{ кДж/кг}$.

57. Воздух при давлении $p_1 = 0,45 \text{ МПа}$, расширяясь адиабатно до $0,12 \text{ МПа}$, охлаждается до $t_2 = - 45^\circ \text{С}$.

Определить начальную температуру и работу, совершенную 1 кг воздуха.

Отв. $t_i = 61^\circ \text{C}$; $l = 75,3 \text{ кДж/кг}$.

58. 1 кг воздуха, занимающий объем $v_i = 0,0887 \text{ м}^3/\text{кг}$ при $p_i = 1 \text{ МПа}$, расширяется до 10-кратного объема.

Получить конечное давление и работу, совершенную воздухом, в изотермическом и адиабатном процессах.

Отв. 1) $T = \text{const}$; $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$; $l = 204 \text{ кДж/кг}$; 2) $dQ = 0$; $p_2 = 0,04 \text{ МПа}$; $l = 133,5 \text{ кДж/кг}$.

59. Воздух при температуре $t_i = 25^\circ \text{C}$ адиабатно охлаждается до $t_2 = -55^\circ \text{C}$; давление при этом падает до $0,1 \text{ МПа}$.

Определить начальное давление и работу расширения 1 кг воздуха.

Отв. $p_i = 0,3 \text{ МПа}$; $l = 57,4 \text{ кДж/кг}$.

60. В газовом двигателе смесь газа и воздуха адиабатно сжимается так, что к концу сжатия ее температура оказывается на 200°C ниже температуры самовоспламенения газа. В начале сжатия $p_1 = 0,09 \text{ МПа}$ и $t_1 = 70^\circ \text{C}$. Показатель адиабаты $k = 1,36$, $R = 314 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, температура самовоспламенения равна 650°C .

Определить величину работы сжатия и степень сжатия $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$.

Отв. $l = -334,1 \text{ кДж}$, $\varepsilon = 7,92$

Библиографический список

1. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник / Д. В. Штеренлихт. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-1892-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212051>.
2. Моргунов, К. П. Гидравлика : учебник / К. П. Моргунов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1735-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211682>.
3. Вольвак, С.Ф. Гидравлика : 2019-08-27 / С.Ф. Вольвак. — Белгород : БелГСХА им. В.Я. Горина, 2018 — Часть 1 : Гидравлика и гидравлические машины — 2018. — 240 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123369>.
4. Вольвак, С.Ф. Гидравлика : 2019-08-27 / С.Ф. Вольвак. — Белгород : БелГСХА им. В.Я. Горина, 2018 — Часть 2 : Гидромеханизация сельскохозяйственных процессов — 2018. — 198 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123370>.
5. Крестин, Е. А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов : учебное пособие для вузов / Е. А. Крестин, И. Е. Крестин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-7345-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158956>.
6. Кудинов, В. А. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 424 с.: ил. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/977184>
7. Круглов, Г. А. Теплотехника / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/263066>
8. Петухов, Н.А. Краткий курс теплотехники / Новосиб.гос. аграр. ун-т; Инж.ин-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с.
9. Кудинов, А. А. Тепломассообмен : учебное пособие / А.А. Кудинов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 375 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1842529> .
10. Ляшков, В. И. Теоретические основы теплотехники: Учеб. пособие для вузов / В.И. Ляшков, 2-е изд., испр. и доп. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019. -с: ил. - ISBN 978-5-905554-85-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002345> .

11. Семенов, Ю. П. Теплотехника : учебник / Ю. П. Семенов, А. Б. Левин. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 400 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1014755> .
12. Петухов, Н.А. Краткий курс теплотехники / Новосиб.гос. аграр. ун-т; Инж.ин-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с.

Составители: канд. техн. наук, доцент. А.Г. Христенко
канд. техн. наук. А.А. Диденко
канд. техн. наук, доцент Е.А. Пшенов

ГИДРАВЛИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Задания и методические указания по выполнению контрольной работы
предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по
направлениям подготовки:

Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;
Технология транспортных процессов;
Профессиональное обучение (по отраслям);

Компьютерный набор и верстка А.Г. Христенко

Подписано к печати 28 марта 2023 г.
Формат 60×80 $\frac{1}{16}$. Тираж 50 экз.
Объем 1,0 уч. - изд. л. Изд. № _____. Заказ № _____

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института НГАУ 630039, г.
Новосибирск. ул. Никитина. 147. ауд. 209

